



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑰ Patentschrift  
⑯ DE 100 03 930 C 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 01 L 9/04

⑲ Aktenzeichen: 100 03 930.8-13  
⑳ Anmeldetag: 29. 1. 2000  
㉑ Offenlegungstag: -  
㉒ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 21. 6. 2001

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉓ Innere Priorität:  
199 56 580. 5 25. 11. 1999

㉔ Erfinder:  
Baier, Karlheinz, Dipl.-Ing., 73760 Ostfildern, DE;  
Wunderlich, Horst, Dr.-Ing., 72184 Eutingen, DE

㉕ Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:  
DE 196 28 860 A1

㉗ Vorrichtung zur Betätigung eines Gaswechselventils

㉘ Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Betätigung eines Gaswechselventils mit einem elektromagnetischen Aktuator, der mit einem Übertragungsmittel mit dem Gaswechselventil in Wirkverbindung steht und eine auf eine Ankereinheit wirkende elektromagnetische Einheit aufweist, wobei die Ankereinheit und die elektromagnetische Einheit zueinander durch eine Schwenkbewegung um eine Achse zwischen zwei Endstellungen verstellbar sind, und mit einem Federmechanismus, der in einem unbestromten Zustand die Ankereinheit und die elektromagnetische Einheit zueinander in einer Gleichgewichtslage zwischen den Endstellungen hält.

Es wird vorgeschlagen, daß die elektromagnetische Einheit zumindest zwei in Schwenkrichtung hintereinander angeordnete elektromagnetische Elemente aufweist, die in zumindest eine Schwenkrichtung auf wenigstens zwei in Schwenkrichtung hintereinander angeordnete Anker-elemente der Ankereinheit wirken.

DE 100 03 930 C 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 100 03 930 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Betätigung eines Gaswechselventils mit einem elektromagnetischen Aktuator nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Elektromagnetische Aktuatoren zum Betätigen von Gaswechselventilen besitzen gewöhnlich eine elektromagnetische Einheit mit zwei Elektromagneten, nämlich einem Öffnungsmagneten und einem Schließmagneten, zwischen deren Polflächen ein Anker koaxial zu einer Ventilachse verschiebbar angeordnet ist. Der Anker wirkt direkt oder über einen Ankerschaft auf einen Ventilschaft des Gaswechselventils. Bei Aktuatoren nach dem Prinzip des Massenschwingers wirkt ein vorgespannter Federmechanismus auf den Anker. Als Federmechanismus dienen meist zwei vorgespannte Ventilfedern, von denen eine obere Ventilfeder das Gaswechselventil in Öffnungsrichtung und eine untere Ventilfeder das Gaswechselventil in Schließrichtung belastet. Bei nicht erregten Elektromagneten wird der Anker durch die Ventilfedern in einer Gleichgewichtslage zwischen den Polflächen gehalten. Die Ventilfedern können gemeinsam auf einer Seite oder jeweils getrennt voneinander auf beiden Seiten der Elektromagnete angeordnet sein.

Um eine einfache mechanische Führung des Ankers zu erreichen und um den Bauraum, insbesondere in Längsrichtung oberhalb des Gaswechselventils zu reduzieren, wird in der DE 196 28 860 A1 eine gattungsbildende Vorrichtung mit einem elektromagnetischen Aktuator vorgeschlagen, der einen schwenkbaren Anker aufweist. Der Anker ist an einem Ende auf einer Drehachse gelagert und ragt mit seinem freien Ende zwischen einen in Öffnungsrichtung und einen in Schließrichtung wirkenden Elektromagneten. Der Anker dient zudem als Übertragungsmittel und wirkt mit seinem freien Ende mit einer dem Öffnungsmagneten zugewandten Seitenfläche über eine Stange auf einen Ventilschaft eines Gaswechselventils, das durch eine erste Ventilfeder über einen Federteller in Schließrichtung belastet ist. Ferner wirkt der Anker mit einer dem Schließmagneten zugewandten Seitenfläche auf einen Stößel, der durch eine zweite Ventilfeder über eine Federauflage in Öffnungsrichtung des Gaswechselventils belastet ist. Der Angriffspunkt des in Öffnungsrichtung belasteten Stößels liegt in Längsrichtung des Ankers zwischen der Drehachse des Ankers und dem Ankerende.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine gattungsbildende Vorrichtung weiterzuentwickeln und insbesondere deren Wirkungsgrad zu steigern, die aufbringbaren Stellkräfte zu erhöhen, deren erforderlichen Bauraum zu reduzieren und die konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten zu deren räumlichen Anordnung im Zylinderkopf zu verbessern.

Die Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Weitere Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Vorteile der Erfindung liegen in einer Reduzierung der Einflüsse durch Reibung, Nichtlinearitäten von Federmechanismen und mechanischen Toleranzen im Vergleich zu herkömmlichen Aktuatoren. Dadurch können auch der Steuerungsaufwand zur Parametrisierung und Konfiguration der Steuerung reduziert werden.

Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Betätigung eines Gaswechselventils mit einem elektromagnetischen Aktuator, der mit einem Übertragungsmittel mit dem Gaswechselventil in Wirkverbindung steht und eine auf eine Ankereinheit wirkende elektromagnetische Einheit aufweist, wobei die Ankereinheit und die elektromagnetische Einheit zueinander durch eine Schwenkbewegung um eine Achse zwischen zwei Endstellungen verstellbar sind, und mit einem Federmechanismus, der in einem unbestromten

Zustand die Ankereinheit und die elektromagnetische Einheit zueinander in einer Gleichgewichtslage zwischen den Endstellungen hält.

Es wird vorgeschlagen, daß die elektromagnetische Einheit zumindest zwei in Schwenkrichtung hintereinander angeordnete elektromagnetische Elemente aufweist, die in zumindest eine Schwenkrichtung auf wenigstens zwei in Schwenkrichtung hintereinander angeordnete Ankerelemente der Ankereinheit wirken. Die Wirkungen der elektromagnetischen Elemente addieren sich, wodurch bei einem hohen Wirkungsgrad und bei einem klein bauenden Aktuator eine große Stellkraft auf das Gaswechselventil erreicht werden kann. Ferner können Elektromagnete mit kleinen Abmessungen und Massen verwendet werden, die ein schnelles Ansprechverhalten besitzen und über die vorteilhaft in das Flugverhalten eines Ankers zwischen den Endstellungen eingegriffen werden kann.

Vorteilhaft kommen die Ankerelemente in den Endstellungen mit Ankerflächen auf Polflächen der elektromagnetischen Elemente zum Liegen und die elektromagnetischen Elemente wirken über die Schwenkbewegung im Wesentlichen mit einer parallel zur Schwenkrichtung verlaufenden Stellkraft auf die Ankerelemente.

Ferner können neben mehreren elektromagnetischen Elementen und Ankerelementen hintereinander in Schwenkrichtung zumindest zwei elektromagnetische Elemente und zumindest zwei Ankerelemente hintereinander in axialer Richtung der Schwenkachse angeordnet werden. Es kann dadurch wiederum ein Aufaddieren der Wirkungen mehrerer, zu einem Aktuator kompakt zusammenführbarer Einheiten erreicht werden.

Weiter wird vorgeschlagen, daß zumindest teilweise entlang einem Verstellwinkel zwischen den Endstellungen ein Bauteil angeordnet ist, das als Rückschlusjoch einen magnetischen Fluß schließt, der zwischen den elektromagnetischen Elementen und dem zugehörigen Ankerelement geführt wird. Das Bauteil besitzt einen möglichst kleinen Abstand zu den Ankerelementen, wodurch der magnetische Widerstand im magnetischen Kreis für den magnetischen Fluß besonders gering gehalten und eine hohe Kraftwirkung erreicht werden kann. Um möglichst über den gesamten Verstellwinkel einen besonders kleinen und konstanten Luftspalt im Bereich des Rückschlusses realisieren zu können, besitzt das Bauteil vorteilhaft zur Ankereinheit eine gekrümmte Oberfläche. Um den zusätzlichen Luftspalt im magnetischen Kreis klein zu halten ist es insbesondere vorteilhaft, die Krümmung der Oberfläche so zu wählen, daß der Luftspalt zwischen Ankerelement und dem Bauteil (Rückschlusjoch) über die Ausdehnung des Ankerelements konstant ist. Das Bauteil kann von einem separaten Teil, das mit den elektromagnetischen Elementen verbunden ist, gebildet werden, oder es kann einstückig mit einem Kern einer elektromagnetischen Einheit ausgeführt sein, wodurch zusätzliche Bauteile, Montageaufwand und Kosten eingespart werden können. Bei entsprechender Ausführung des Elektromagneten kann das den Rückschluß bildende Bauteil auch entfallen. Der magnetische Fluß schließt sich dann ausschließlich über den Anker und den Elektromagneten.

Vorteilhaft sind die in die erste Schwenkrichtung wirkenden elektromagnetischen Elemente getrennt von den in die zweite Schwenkrichtung wirkenden elektromagnetischen Elementen ausgeführt. Die elektromagnetischen Elemente können dadurch besonders flexibel angesteuert werden, beispielsweise zeitlich überschneidend. Um Bauteile und Gewicht einzusparen, könnte es jedoch auch sinnvoll sein, daß mindestens ein elektromagnetisches Element in beide Schwenkrichtungen wirkt.

Um vorhandenen Bauraum vorteilhaft nutzen zu können

und um möglicherweise in die eine Schwenkrichtung eine größere Stellkraft zu erreichen als in die andere Schwenkrichtung, und zwar insbesondere in die Schwenkrichtung, über die das Gaswechselventil in Öffnungsrichtung gegen einen Gasdruck in einem Zylinder verstellt wird, kann eine asymmetrische Anordnung und/oder Dimensionierung der elektromagnetischen Elemente und/oder der Ankerelemente sinnvoll sein. Es können beispielsweise in die eine Schwenkrichtung mehr elektromagnetische Elemente wirken als in die andere Schwenkrichtung. Sind die elektromagnetischen Elemente über einen Winkel von 360° symmetrisch angeordnet, können jedoch durch die Symmetrie Bauteile eingespart werden, beispielsweise können für beide Schwenkrichtungen gleiche elektromagnetische Elemente und/oder gleiche Federn für den Federmechanismus verwendet werden usw. Abhängig von der Flußführung können dadurch zusätzlich radiale Kräfte gegenseitig aufgehoben werden.

Neben einer passiven Ausführung der Ankereinheit (ohne Spule) wird vorgeschlagen, daß die Ankereinheit zumindest eine bestrombare Spule aufweist. Es kann der Bauraum der Ankereinheit für eine weitere Spule genutzt und dadurch der erforderliche Bauraum insgesamt bei einer großen erreichbaren Stellkraft reduziert werden. Durch die Spule in der Ankereinheit kann zudem eine durch die elektromagnetische Einheit hervorgerufene Remanenzinduktion in einem Ankerelement schnell aufgehoben und dadurch das Zeitverhalten des Umschwingvorgangs verbessert werden. Ungewünschte Anziehungskräfte eines Ankerelements an einen Kern eines elektromagnetischen Elements können vermieden werden. Die elektromagnetische Einheit, Ankereinheit und das Rückschlüßjoch können geblecht oder ungeblecht ausgeführt werden. Zur Optimierung des magnetischen Kreises, der Stellbewegung und der Befestigung kann die Formgebung/Geometrie der Aktuatorelemente, insbesondere die der elektromagnetischen Elemente und der Anker-elemente beliebig gewählt werden.

Grundsätzlich kann die Ankereinheit und/oder die elektromagnetische Einheit schwenkbar ausgeführt werden. Die schwenkbaren Einheiten besitzen eine gemeinsame Schwenkachse. Da in der Regel die Ankereinheit eine geringere Masse besitzt, wird diese bevorzugt als rotierendes Teil ausgeführt. Bei einer schwenkbaren Ankereinheit mit Spule wird vorteilhaft eine elektrische Versorgungsleitung im Bereich einer Schwenkachse der Ankereinheit zu der Spule der Ankereinheit geführt. Im Bereich der Schwenkachse tritt eine kleine Relativbewegung zu angrenzenden Bauteilen auf, die vorteilhaft durch eine elastische Versorgungsleitung kompensiert werden kann, beispielsweise durch eine flexible, spiralförmige Versorgungsleitung.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird vorgeschlagen, daß zumindest zwei Spulen parallel oder in Reihe geschaltet sind, beispielsweise Spulen mehrerer gleichwirkender elektromagnetischer Elemente und/oder Spulen gleichwirkender Ankerelemente. Zusätzliche Anschlüsse, Leitungen, Steuerungsaufwand, Montageaufwand und Kosten können eingespart werden.

Die elektromagnetischen Elemente können im radial äußeren Bereich der Ankerelemente an einem Träger befestigt oder mit einem Aktuatorgehäuse zumindest teilweise einstückig ausgeführt werden. Bei dieser Anordnung kann auch das Bauteil für den magnetischen Rückschluß im radial äußeren Bereich der Ankerelemente angeordnet sein. Das Bauteil kann an einem Träger befestigt oder mit einem Aktuatorgehäuse und/oder mit einer elektromagnetischen Einheit zumindest teilweise einstückig ausgeführt werden. Ferner können die elektromagnetischen Elemente mit einem sich in radialer Richtung erstreckenden Schenkel und einem sich

am radial äußeren Bereich des radialen Schenkels in axialer Richtung erstreckenden Schenkel ausgeführt sein. Bei dieser Anordnung kann auf einen Träger oder ein Aktuatorgehäuse (am äußeren Umfang) verzichtet werden. Der magnetische Fluß kann bei dieser Anordnung im Bereich der Schwenkachse/Welle geschlossen werden. Besonders vorteilhaft ist dabei eine axiale Flußführung zwischen elektromagnetischen Elementen und Ankerelement, da dadurch ein sehr kleiner Luftspalt, der zusätzlich zum Stellweg wirksam ist, erzielt werden kann. Zwischen den sich in axialer Richtung erstreckenden Schenkeln können Ankerelemente vorteilhaft angeordnet werden und die elektromagnetischen Elemente können zudem zur Lagerung einer mit den Anker-elementen verbundenen Welle genutzt werden.

- 15 5 Sind eine oder mehrere Federn des Federmechanismus im Kraftfluß des Aktuators vor dem Übertragungsmittel angeordnet, so werden diese vorteilhaft in einer von den elektromagnetischen Elementen getrennten axialen Ebene angeordnet. Es können dadurch besonders konstruktiv einfache und kostengünstige Lösungen erreicht werden. Neben Federn eines Federmechanismus können weitere Bauteile des Aktuators in einer von den elektromagnetischen Elementen getrennten Ebene angeordnet werden, beispielsweise auf die Ankerelemente und/oder auf die elektromagnetischen Elemente wirkende Permanentmagnete usw. Insbesondere wird eine Anordnung von Permanentmagneten vorgeschlagen, die eine Kraftwirkung entsprechend dem eingesetzten Federmechanismus bewirkt. Diese Anordnung besteht aus einem Paar gegenüberliegender Einzelmagnete mit entgegengesetzter Polung, von denen einer mit dem ruhenden und einer mit dem rotierenden Teil des Aktuators verbunden ist. Die Kraftwirkungen des Federmechanismus und der Permanentmagnitanordnung addieren sich. Dadurch kann der Federmechanismus geringer dimensioniert werden und durch den geänderten Verlauf der Gegenkraft für die elektromagnetischen Elemente über den Stellweg können das Fangverhalten und die Flugregelung für das Ankerelement verbessert werden.

Ist der gesamte Federmechanismus im Kraftfluß des Aktuators vor dem Übertragungsmittel angeordnet, kann vorteilhaft gemeinsam mit den elektromagnetischen Elementen und den Ankerelementen ein in sich geschlossenes, kompaktes Modul geschaffen werden, das separat gefertigt und auf seine Funktion überprüft werden kann. Dabei können verschiedene, dem Fachmann als sinnvoll erscheinende Federn verwendet werden, wie Schraubenfedern oder vorteilhaft platzsparende Torsionsfedern und/oder Spiralfedern usw. Es können jedoch auch einzelne Federn oder sämtliche Federn des Federmechanismus im Kraftfluß des Aktuators nach dem Übertragungsmittel angeordnet sein. Ist zumindest eine in Schließrichtung auf das Gaswechselventil wirkende Feder des Federmechanismus im Kraftfluß des Aktuators nach dem Übertragungsmittel angeordnet, kann konstruktiv einfach eine Restschließkraft auf das Gaswechselventil sichergestellt werden. Ferner können nach dem Übertragungsmittel Standardventilfedern von bekannten ausgefeilten elektromagnetischen Aktuatoren verwendet werden.

Das Übertragungsmittel kann von verschiedenen, dem Fachmann als sinnvoll erscheinenden Bauteilen gebildet sein, beispielsweise von einem Ankerelement, das indirekt über ein Gestänge oder direkt auf einen Stößel oder einen Ventilschaft wirkt usw. In einer Ausgestaltung der Erfindung wird jedoch vorgeschlagen, daß das Übertragungsmittel von einer Welle gebildet ist, die mit einem die Rotationsbewegung in eine translatorische Bewegung übersetzenden Getriebe verbunden ist. Die Stellkraft des Aktuators mit einer schwenkbaren elektromagnetischen Einheit und/oder mit einer schwenkbaren Ankereinheit kann vorteilhaft mit einer

Welle übertragen werden, die gleichzeitig zur Lagerung der schwenkbaren Einheit genutzt werden kann. Durch ein zusätzliches Getriebe kann der Aktuator besonders flexibel angeordnet werden. Vorhandener Bauraum kann vorteilhaft ausgenutzt und zusätzlicher Bauraum kann eingespart werden. Ferner kann bei einer Übersetzung ungleich eins mit einer kleinen, mit einem großen Drehmoment und einem hohen Wirkungsgrad realisierbaren Schwenkbewegung der Ankereinheit und/oder der elektromagnetischen Einheit über das Getriebe eine ausreichend große Stellbewegung mit der erforderlichen Stellkraft für das Gaswechselventil erreicht werden. Das Getriebe kann durch verschiedene, dem Fachmann als sinnvoll erscheinende Bauformen realisiert werden, wie beispielsweise über ein Getriebe mit einem Zahnrad und einer Zahnstange, mit einem Nocken, mit einem Kurbelgestänge usw.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der folgenden Zeichnungsbeschreibung. In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt. Die Beschreibung und die Ansprüche enthalten zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen.

Es zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung,

**Fig. 2** einen Schnitt entlang der Linie II-II in **Fig. 1**,

**Fig. 3** einen Schnitt entlang der Linie III-III in **Fig. 2**,

**Fig. 4** eine Variante nach **Fig. 1**,

**Fig. 5** eine Variante nach **Fig. 2** mit zwei Spiralfedern,

**Fig. 6** einen Schnitt entlang der Linie VI-VI in **Fig. 5**,

**Fig. 7** einen Ausschnitt einer Variante nach **Fig. 5** mit einem abgewinkelten elektromagnetischen Element,

**Fig. 8** eine Variante nach **Fig. 1** mit einem Kurbelgetriebe,

**Fig. 9** eine Variante nach **Fig. 1** mit einer Nockenwelle und

**Fig. 10** eine Variante nach **Fig. 1** mit einem Zahnrad und einer Zahnstange.

**Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Betätigung eines Gaswechselventils **66** einer nicht näher dargestellten Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs. Der Aktuator **74** besitzt eine elektromagnetische Einheit **10**, die auf eine um eine Achse **47** schwenkbare Ankereinheit **12** wirkt (**Fig. 2** und **3**). Erfindungsgemäß besitzt die elektromagnetische Einheit **10** in einer ersten Ebene sechs in Schwenkrichtung **14, 15** über 360° symmetrisch hintereinander angeordnete elektromagnetische Elemente **16, 17, 18, 19, 20, 21**. Ferner sind in zwei weiteren Ebenen (zweite und dritte Ebene) deckungsgleich mit den elektromagnetischen Elementen **16, 17, 18, 19, 20, 21** (in der ersten Ebene; **Fig. 3**) der elektromagnetischen Einheit **10** jeweils weitere sechs elektromagnetische Elemente angeordnet, wovon in **Fig. 2** pro Ebene von den jeweils sechs elektromagnetischen Elementen nur jeweils 2 Elemente **22** und **24** (zweite Ebene) sowie **23** und **25** (dritte Ebene) sichtbar sind. Die elektromagnetischen Elemente **16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25** wirken in jeder Ebene jeweils auf drei in Schwenkrichtung **14, 15** hintereinander angeordnete Ankerelemente **26, 27** und **28** (**Fig. 3** – erste Ebene) sowie **29, 30, 31** und **32** (**Fig. 2**), wovon wiederum in der **Fig. 2** pro Ebene von den jeweils drei Ankerelementen nur jeweils zwei Ankerelemente **29** und **31** (zweite Ebene) sowie **30** und **32** (dritte Ebene) sichtbar sind. Die Ankerelemente **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** kommen in den Endstellungen mit Ankerflächen auf Polflächen der elektromagnetischen Elemente **16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25** zum Liegen. Die elektromagnetischen Elemente **16, 17, 18, 19,**

**20, 21, 22, 23, 24, 25** wirken über den Bereich der Schwenkbewegung im Wesentlichen mit einem parallel zur Schwenkrichtung **14, 15** verlaufenden Stellmoment **37** auf die Ankerelemente **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** (**Fig. 3**). Die

Summe der Stellmomente erzeugt das Stellmoment **37** um die Schwenkachse **47**. Dabei wird der magnetische Fluß **40** über ein elektromagnetisches Element, ein Ankerelement und das unter anderem als Rückschluß wirkende Bauteil **41** geschlossen.

**10** Entlang einem Verstellwinkel **39** zwischen den Endstellungen ist im radial äußeren Bereich der Ankerelemente **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** ein Bauteil **41** angeordnet, das einen magnetischen Fluß **40** zwischen den Ankerelementen **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** und den elektromagnetischen Elementen **16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25** führt. Das Bauteil **41** wird von einem Gehäuse des Aktuators **74** gebildet, an dem die elektromagnetischen Elemente **16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25** befestigt sind und in dem die Ankerelemente **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** über ein als Welle ausgeführtes Übertragungsmittel **62** gelagert sind. Das Bauteil **41** besitzt zu den Ankerelementen **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** eine gekrümmte Oberfläche **42** und einen kleinen Luftspalt **81**, so daß ein geringer magnetischer Widerstand hinsichtlich des magnetischen Flusses **40** und ein hoher Wirkungsgrad erreicht wird.

**25** Die in die erste Schwenkrichtung **14** wirkenden elektromagnetischen Elemente **16, 18, 20, 22, 23** sind getrennt von den in die zweite Schwenkrichtung **15** wirkenden elektromagnetischen Elementen **17, 19, 21, 24, 25** ausgeführt, wodurch beispielsweise die in die Schwenkrichtung **15** wirkenden elektromagnetischen Elementen **17, 19, 21, 24, 25** bestromt werden können, bevor die in die Schwenkrichtung **14** wirkenden elektromagnetischen Elemente **16, 18, 20, 22, 23** abgeschaltet werden.

**30** Neben Spulen **48, 49, 50, 51, 52, 53** in den elektromagnetischen Elementen **16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25** können in den Ankerelementen **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** Spulen **43, 44, 45** angeordnet sein, die das Stellmoment **37** verstärken. Im Bereich der Schwenkachse **47** ist eine spiralförmige elektrische Versorgungsleitung **46** zu den Spulen **43, 44, 45** geführt.

**35** Die Spulen **43, 44, 45** der Ankerelemente **26, 27, 28, 29, 30, 31, 32** und jeweils die in die gleiche Richtung wirkenden Spulen **48, 49, 50** und **51, 52, 53** der elektromagnetischen Elemente **16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25** können parallel oder in Reihe geschaltet werden, wodurch zusätzliche Leitungen eingespart werden können.

**40** Der Aktuator **74** ist mit dem als Welle ausgeführten Übertragungsmittel **62** über ein Getriebe **70** und einen Stößel **75** mit einem Ventilschaft **76** des Gaswechselventils **66** verbunden. Das Getriebe **70** besitzt einen mit dem Übertragungsmittel **62** drehfest verbundenen Hebel **82**, der an seinem freien Ende eine Ausnehmung **83** aufweist, in die ein am Stößel **75** befestigter Bolzen **84** eingreift. Über den Hebel **82** kann die Rotationsbewegung des Übertragungsmittels **62** in eine translatorische Bewegung umgesetzt werden. Der Bolzen **84** am Stößel **75** wird dabei in der Ausnehmung **83** in Längsrichtung des Hebels **82** geführt.

**45** Das Gaswechselventil **66** ist mit seinem Ventilschaft **76** über ein Gleitlager **77** in einem Zylinderkopf **78** der Brennkraftmaschine gelagert. Der Stößel **75** ist über ein Gleitlager **79** in einem Deckel **80** gelagert. Im Kraftfluß des Aktuators **74** nach dem Übertragungsmittel **62** ist ein Federmechanismus **68** angeordnet. Der Federmechanismus **68** besitzt eine über einen Federteller **85** auf den Ventilschaft **76** in Schließrichtung **65** wirkende Ventilfeder **67** und eine über einen Federteller **86** auf den Stößel **75** in Öffnungsrichtung **87** wirkende Ventilfeder **88**. Die Ventilfedern **67, 88** halten bei un-

bestromten Aktuator 74 die Ankereinheit 12 in einer Gleichgewichtslage zwischen den Endstellungen.

In der dargestellten Schließstellung des Gaswechselventils 66 sind die Spulen 43, 44, 45 der Ankerelemente 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 wahlweise zusätzlich zu den Spulen 48, 49, 50 der elektromagnetischen Elemente 16, 18, 20, 22, 23 aktiviert bzw. bestromt. Zum Öffnen des Gaswechselventils 66 werden die Spulen 43, 44, 45, 48, 49, 50 abgeschaltet oder kurzzeitig umgeschaltet. Die Ventilfeder 88 beschleunigt über den Stößel 75, über den Hebel 82 und über das Übertragungsmittel 62 die Ankereinheit 12 über die Gleichgewichtslage hinaus. Die Spulen 43, 44, 45 der Ankerelemente 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 werden wahlweise zusätzlich zu den Spulen 51, 52, 53 der in Schwenkrichtung 15 wirkenden elektromagnetischen Elementen 17, 19, 21, 24, 25 bestromt. Die Ankereinheit 12 wird von der elektromagnetischen Einheit 10 angezogen, die Ankerelemente 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 treffen mit ihren Ankerflächen auf Polflächen der elektromagnetischen Elemente 17, 19, 21, 24, 25 auf und werden von diesen gehalten.

Zum Schließen des Gaswechselventils 66 werden die Spulen 43, 44, 45, 51, 52, 53 abgeschaltet oder kurzzeitig umgeschaltet. Die Ventilfeder 67 beschleunigt über den Stößel 75, über den Hebel 82 und über das Übertragungsmittel 62 die Ankereinheit 12 über die Gleichgewichtslage hinaus. Die Spulen 43, 44, 45 der Ankerelemente 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 können Spulen 48, 49, 50 der in Schwenkrichtung 14 wirkenden elektromagnetischen Elementen 16, 18, 20, 22, 23 bestromt werden. Die Ankereinheit 12 wird von der elektromagnetischen Einheit 10 angezogen, die Ankerelemente 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 treffen mit ihren Ankerflächen auf Polflächen der elektromagnetischen Elemente 16, 18, 20, 22, 23 auf und werden von diesen gehalten.

In Fig. 4 ist eine Variante zu dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel mit einem Aktuator 89 dargestellt, bei dem eine in Öffnungsrichtung 87 wirkende, nicht näher dargestellte Feder eines Federmechanismus 69 im Aktuator 89 eingebaut ist. Im Wesentlichen gleichbleibende Bauteile sind in den dargestellten Ausführungsbeispielen grundsätzlich mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

Bei einem Ausführungsbeispiel in Fig. 5 und 6 ist ein Aktuator 90 dargestellt, bei dem ein Federmechanismus 61 im Kraftfluß des Aktuators 90 vor dem Übertragungsmittel 62 angeordnet ist. Der Federmechanismus 61 besitzt zwei Spiralfedern 59, 60, die in von den elektromagnetischen Elementen 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 getrennten axialen Ebenen 63, 64 angeordnet sind. Die Spiralfedern 59, 60 sind jeweils an dem Bauteil 41 und am Übertragungsmittel 62 befestigt und sind entgegengesetzt vorgespannt.

In Fig. 7 ist ein Ausschnitt einer elektromagnetischen Einheit 11 dargestellt. Die elektromagnetische Einheit 11 besitzt elektromagnetische Elemente 33, 34, die in radialer Richtung 54 erstreckende Schenkel 55, 56 und sich am radial äußeren Bereich der radialen Schenkel 55, 56 in axialer Richtung 38 erstreckende Schenkel 57, 58 aufweisen. Zwischen den sich in axialer Richtung 38 erstreckenden Schenkeln 57, 58 ist eine Ankereinheit 13 mit Ankerelementen 35, 36 angeordnet, die drehfest auf einem als Welle ausgeführten Übertragungsmittel 62 befestigt sind. Das Übertragungsmittel 62 ist in den radialen Schenkeln 55, 56 drehbar gelagert.

In den Fig. 8, 9 und 10 sind Vorrichtungen mit alternativen Getrieben 71, 72, 73 dargestellt, die mit einem von einer Welle gebildeten Übertragungsmittel 62 verbunden sind und die Rotationsbewegung in eine translatorische Bewegung übersetzen. Beim Getriebe 71 wird eine Rotationsbewegung des Übertragungsmittels 62 eines nicht näher dargestellten Aktuators über Kurbelstangen 91, 92 in eine translatorische

Bewegung umgewandelt. Beim Getriebe 72 wird eine Rotationsbewegung des Übertragungsmittels 62 eines Aktuators 74 über einen Nocken 93 in eine translatorische Bewegung umgewandelt, der über einen Hebelarm 94 und über einen Stößel 75 auf einen Ventilschaft 76 eines Gaswechselventils 66 wirkt. Der Hebelarm 94 ist in einer Lagerstelle 97 zwischen dem Aktuator 74 und dem Gaswechselventil 66 schwenkbar gelagert. Beim Getriebe 73 in Fig. 10 ist das Übertragungsmittel 62 eines nicht näher dargestellten Aktuators drehfest mit einem Zahnrad 96 verbunden, das in einem als Zahnstange ausgeführten Stößel 95 kämmt, der auf einen Ventilschaft 76 eines Gaswechselventils 66 wirkt.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Betätigung eines Gaswechselventils (66) mit einem elektromagnetischen Aktuator (74), der mit einem Übertragungsmittel (62) mit dem Gaswechselventil (66) in Wirkverbindung steht und eine auf eine Ankereinheit (12) wirkende elektromagnetische Einheit (10) aufweist, wobei die Ankereinheit (12) und die elektromagnetische Einheit (10) zueinander durch eine Schwenkbewegung (14, 15) um eine Achse (47) zwischen zwei Endstellungen verstellbar sind, und mit einem Federmechanismus (68), der in einem unbestromten Zustand die Ankereinheit (12) und die elektromagnetische Einheit (10) zueinander in einer Gleichgewichtslage zwischen den Endstellungen hält, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetische Einheit (10, 11) zum mindest zwei in Schwenkrichtung (14, 15) hintereinander angeordnete elektromagnetische Elemente (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34) aufweist, die in zumindest eine Schwenkrichtung (14, 15) auf wenigstens zwei in Schwenkrichtung (14, 15) hintereinander angeordnete Ankerelemente (26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36) der Ankereinheit (12, 13) wirken.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankerelemente (26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36) in den Endstellungen mit Ankerflächen auf Polflächen der elektromagnetischen Elemente (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34) zum Liegen kommen und die elektromagnetischen Elemente (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34) über die Schwenkbewegung im Wesentlichen mit einem parallel zur Schwenkrichtung (14, 15) verlaufenden Stellmoment (37) auf die Ankerelemente (26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36) wirken.

3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in axialer Richtung (38) einer Schwenkachse (47) zum mindest zwei elektromagnetische Elemente (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34) und zum mindest zwei Ankerelemente (26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36) hintereinander angeordnet sind.

4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zum mindest teilweise entlang einem Verstellwinkel (39) zwischen den Endstellungen von Ankereinheit (12) und elektromagnetischer Einheit (10) ein Bauteil (41) angeordnet ist, das einen magnetischen Fluß (40) zwischen den elektromagnetischen Elementen (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34) und den Ankerelementen (26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 36) führt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das den magnetischen Fluß (40) führende Bauteil (41) zur Ankereinheit (12, 13) eine gekrümmte Oberfläche (42) aufweist.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die in die erste Schwenkrichtung (14) wirkenden elektromagnetischen Elemente (16, 18, 20, 22, 23, 33) getrennt von den in die zweite Schwenkrichtung (15) wirkenden elektromagnetischen Elementen (17, 19, 21, 24, 25, 34) ausgeführt sind.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die elektromagnetischen Elemente (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 33, 34) über einen Winkel von 360° symmetrisch angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ankereinheit (12, 13) zumindest eine bestrombare Spule (43, 44, 45) aufweist.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß bei der schwenkbaren Ankereinheit (12, 13) zumindest eine elektrische Versorgungsleitung (46) im Bereich einer Schwenkachse (47) der Ankereinheit (12, 13) zu der Spule (43, 44, 45) geführt ist.

10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest zwei Spulen (43, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 53) parallel oder in Reihe geschaltet sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein elektromagnetisches Element (33, 34) einen sich in radialer Richtung (54) erstreckenden Schenkel (55, 56) und einen sich am radial äußeren Bereich des radialen Schenkels (55, 56) in axialer Richtung (38) erstreckenden Schenkel (57, 58) aufweist.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Feder (59, 60) des Federmechanismus (61) im Kraftfluß des Aktuators (90) vor dem Übertragungsmittel (62) in einer von den elektromagnetischen Elementen (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25) getrennten axialen Ebene (63, 64) angeordnet ist.

13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Federmechanismus (61, 68) im Kraftfluß des Aktuators (74, 90) vor dem Übertragungsmittel (62) angeordnet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine in 45 Schließrichtung (65) auf das Gaswechselventil (66) wirkende Feder (67) des Federmechanismus (68, 69) im Kraftfluß des Aktuators (74, 89) nach dem Übertragungsmittel (62) angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Übertragungsmittel (62) von einer Welle gebildet ist, die mit einem die Rotationsbewegung in eine translatorische Bewegung übersetzenden Getriebe (70, 71, 72, 73) verbunden ist.

55

---

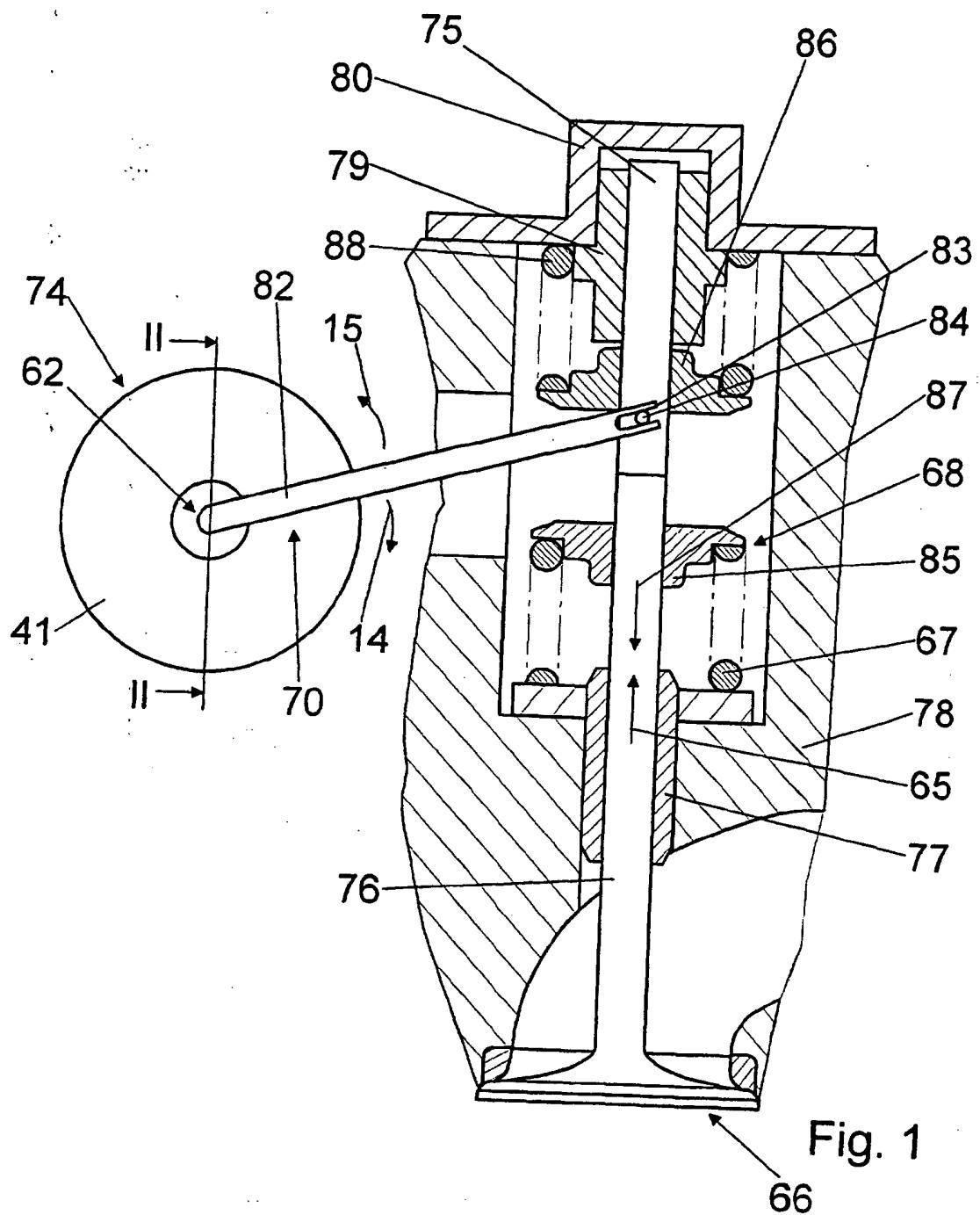
Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

**- Leerseite -**



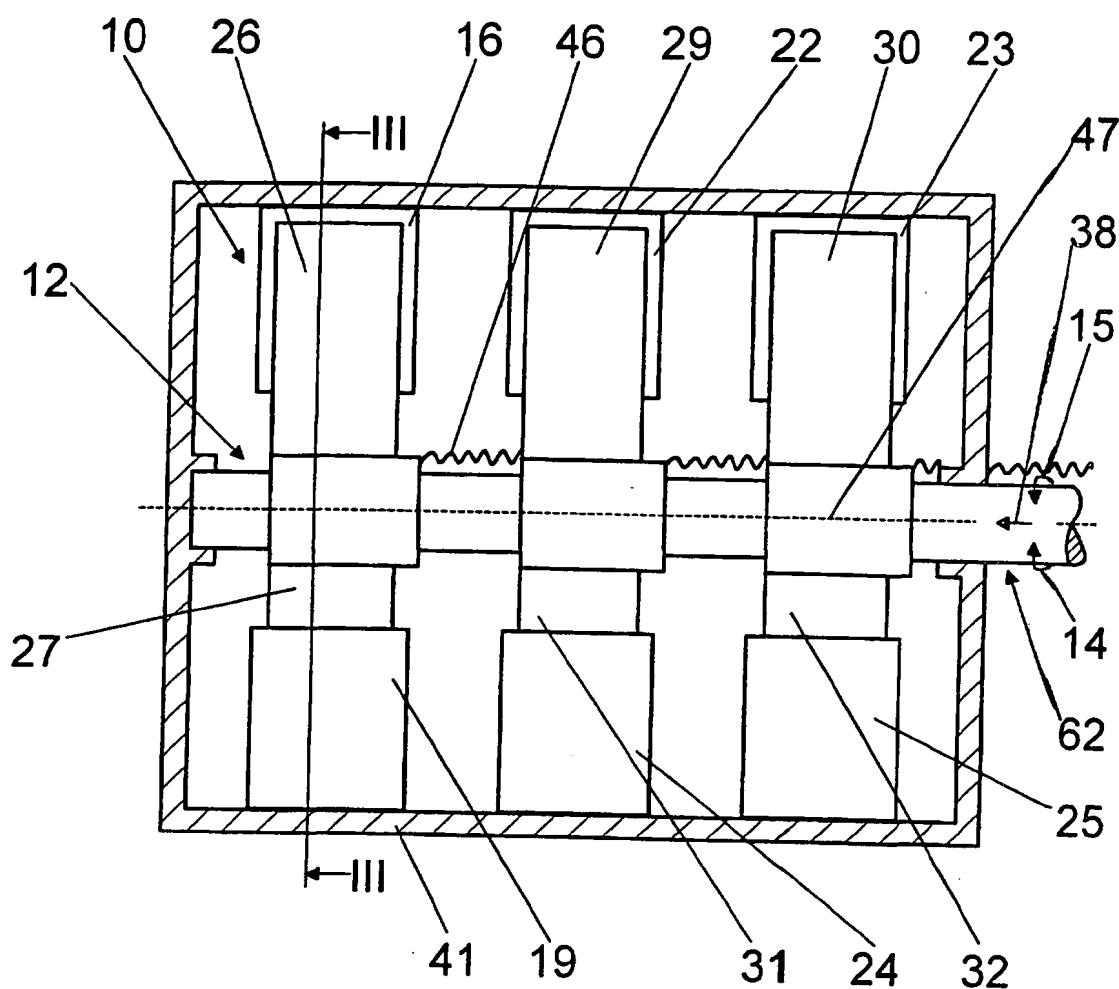
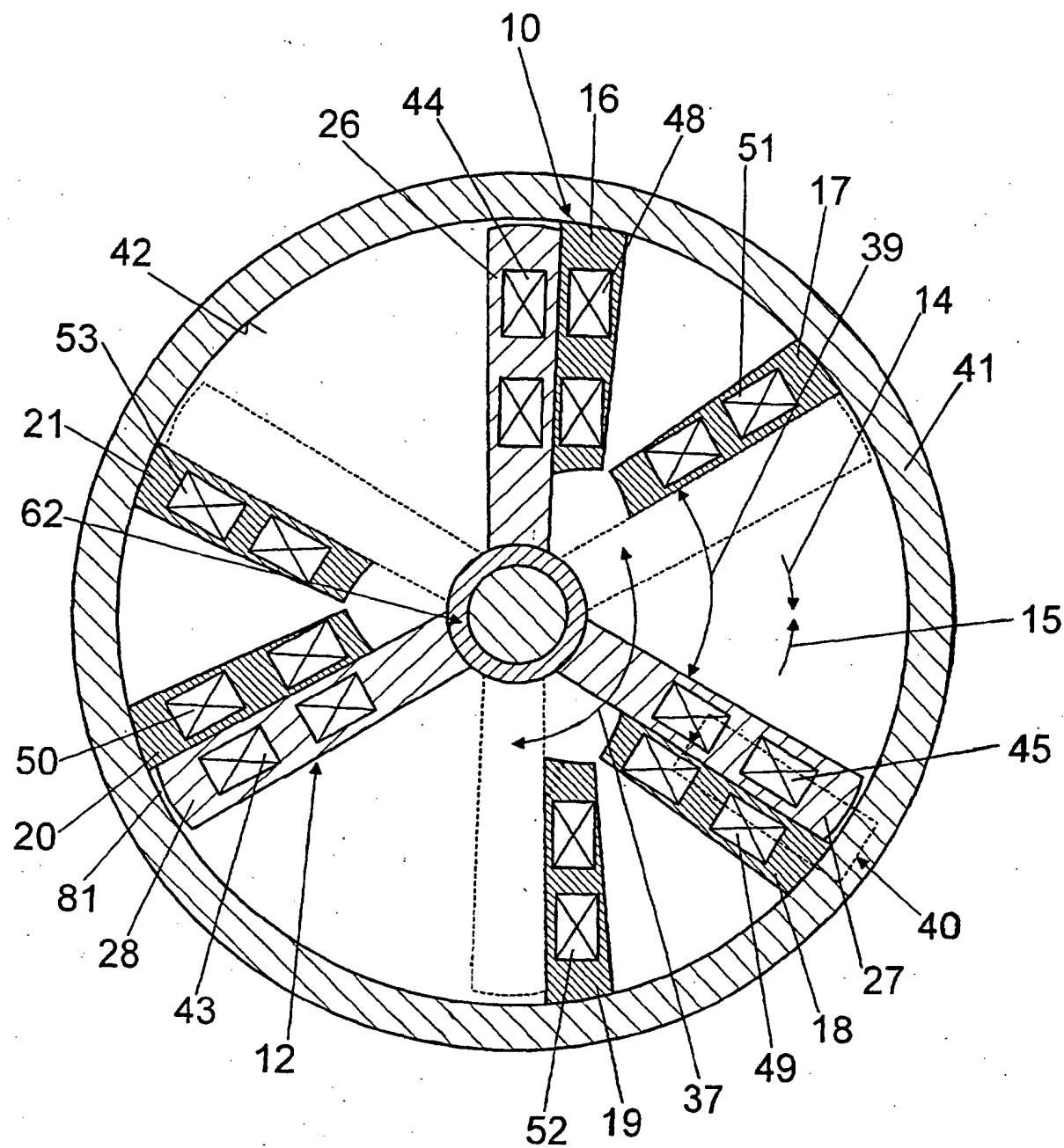


Fig. 2



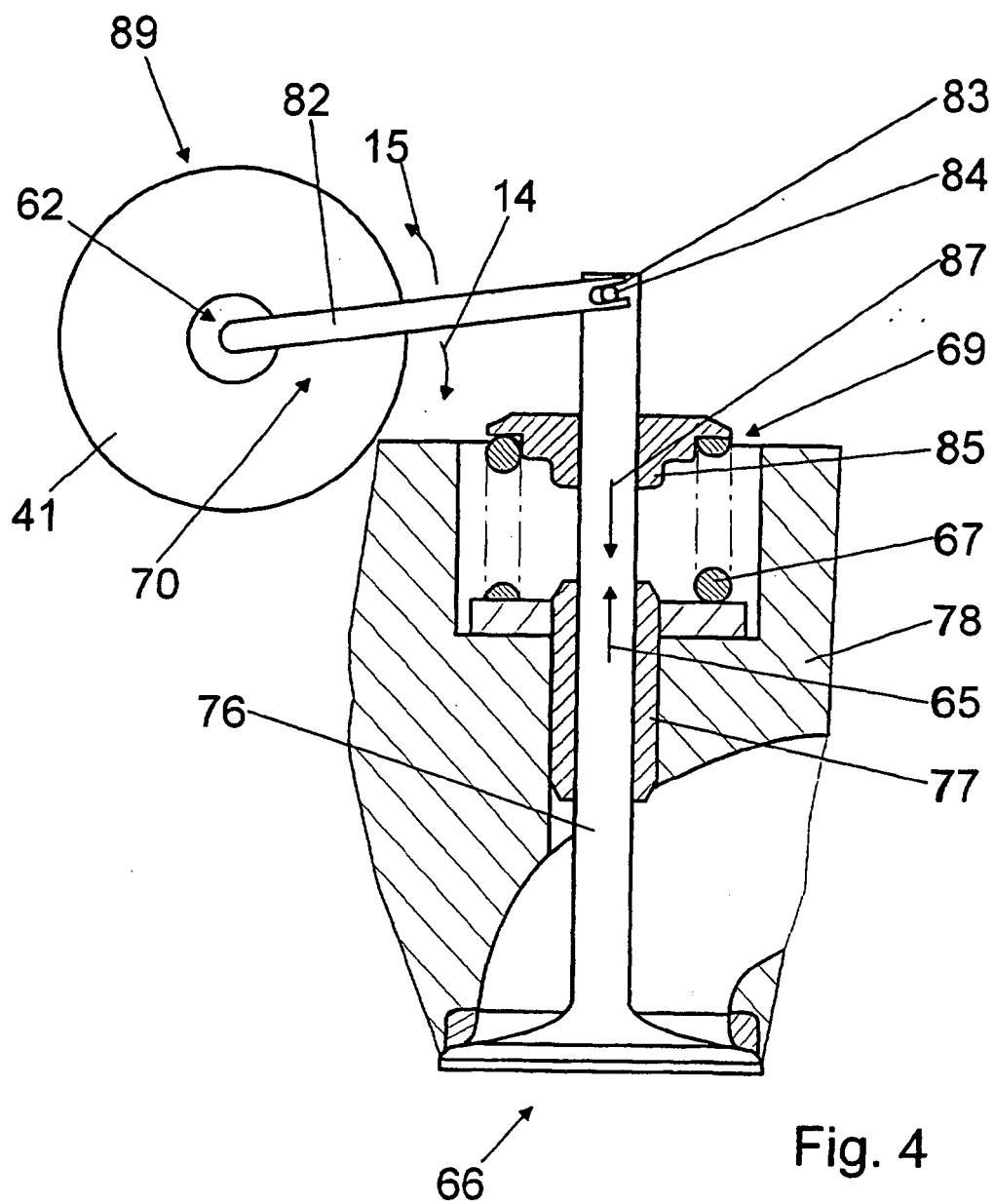


Fig. 4

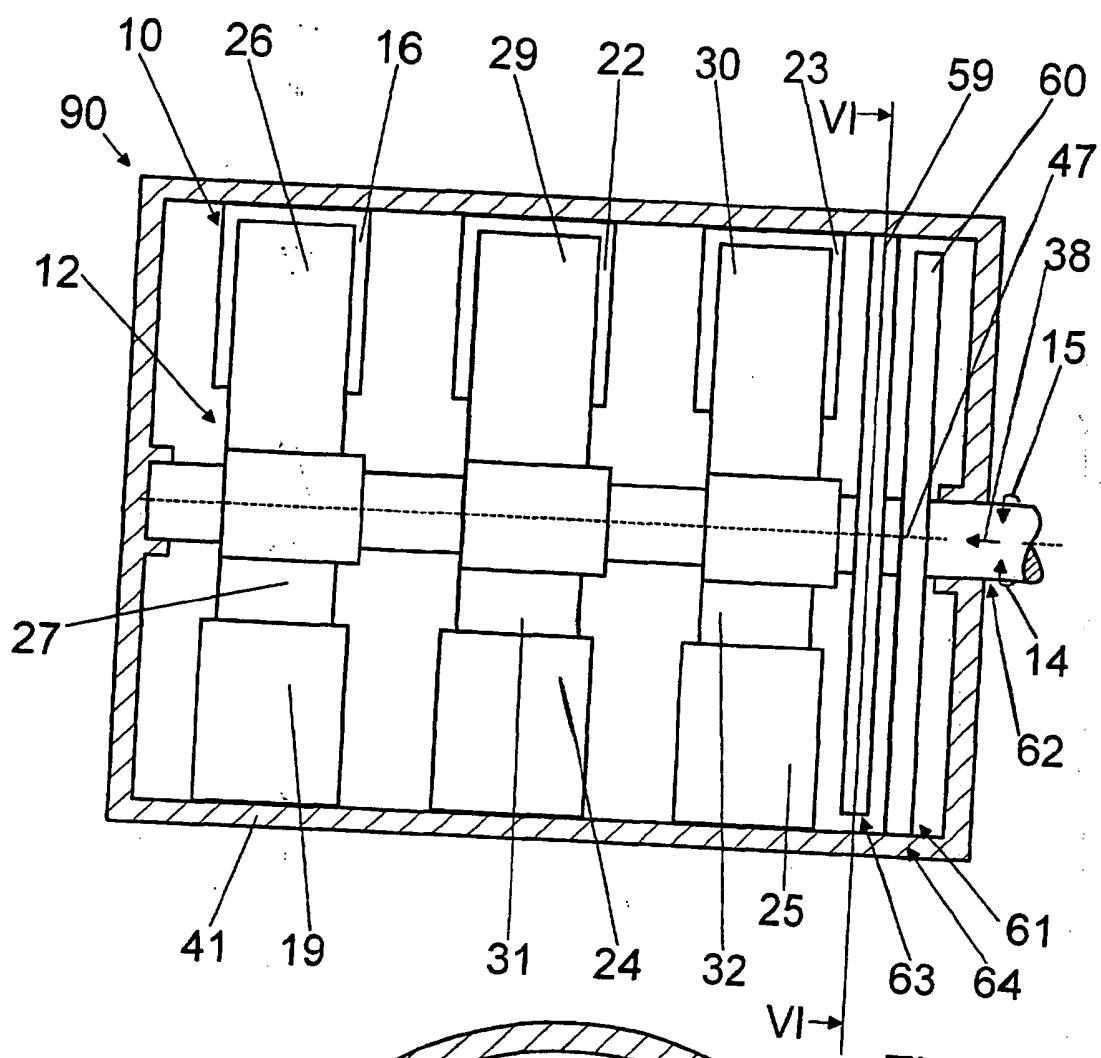


Fig. 5

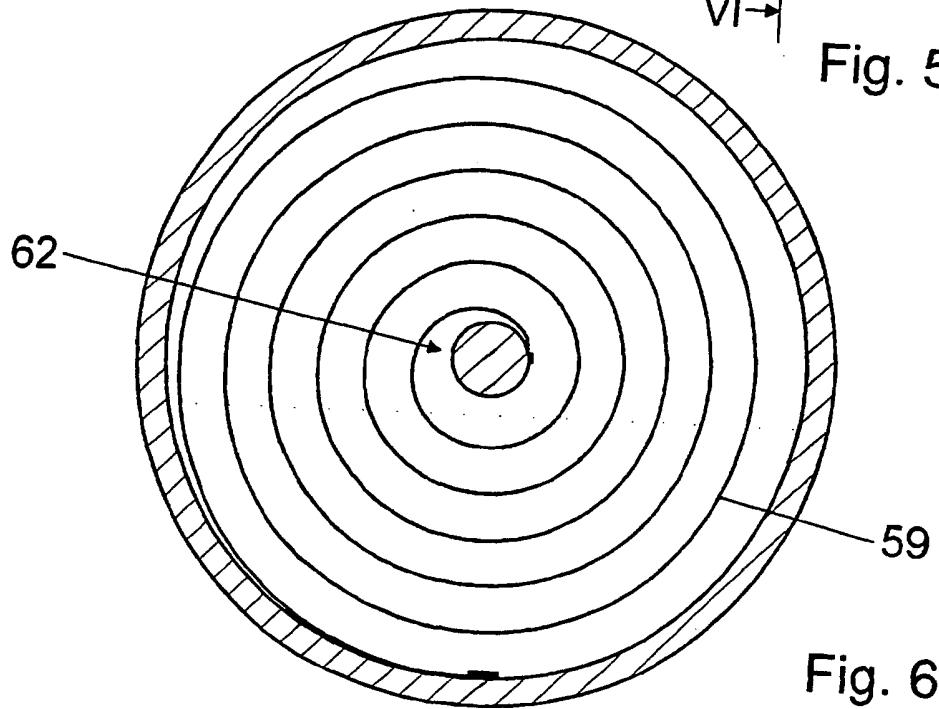


Fig. 6

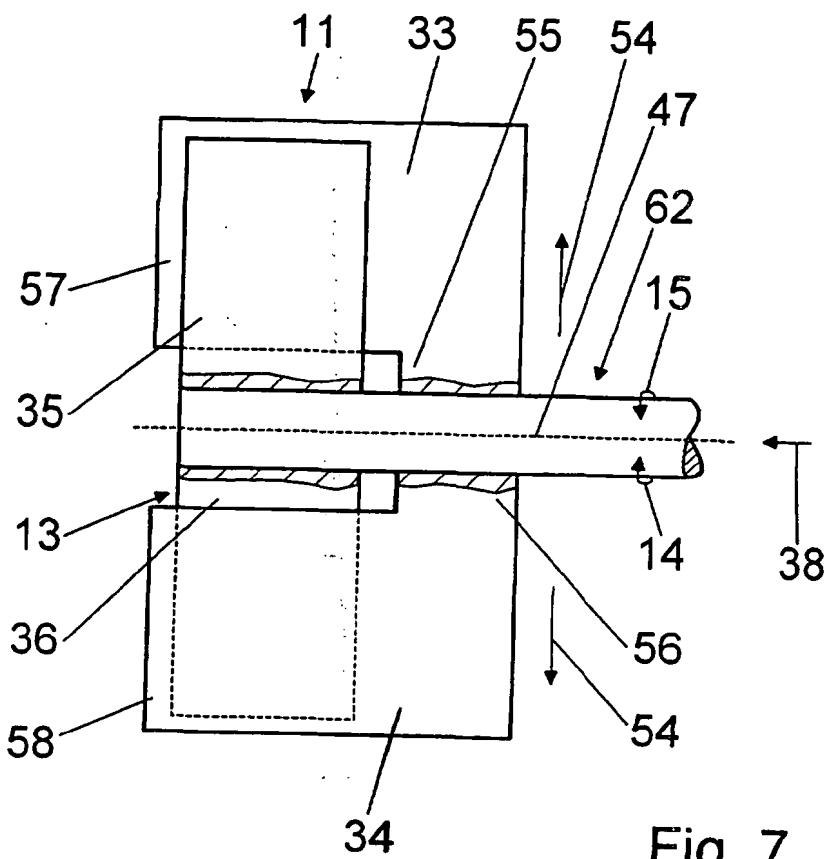


Fig. 7

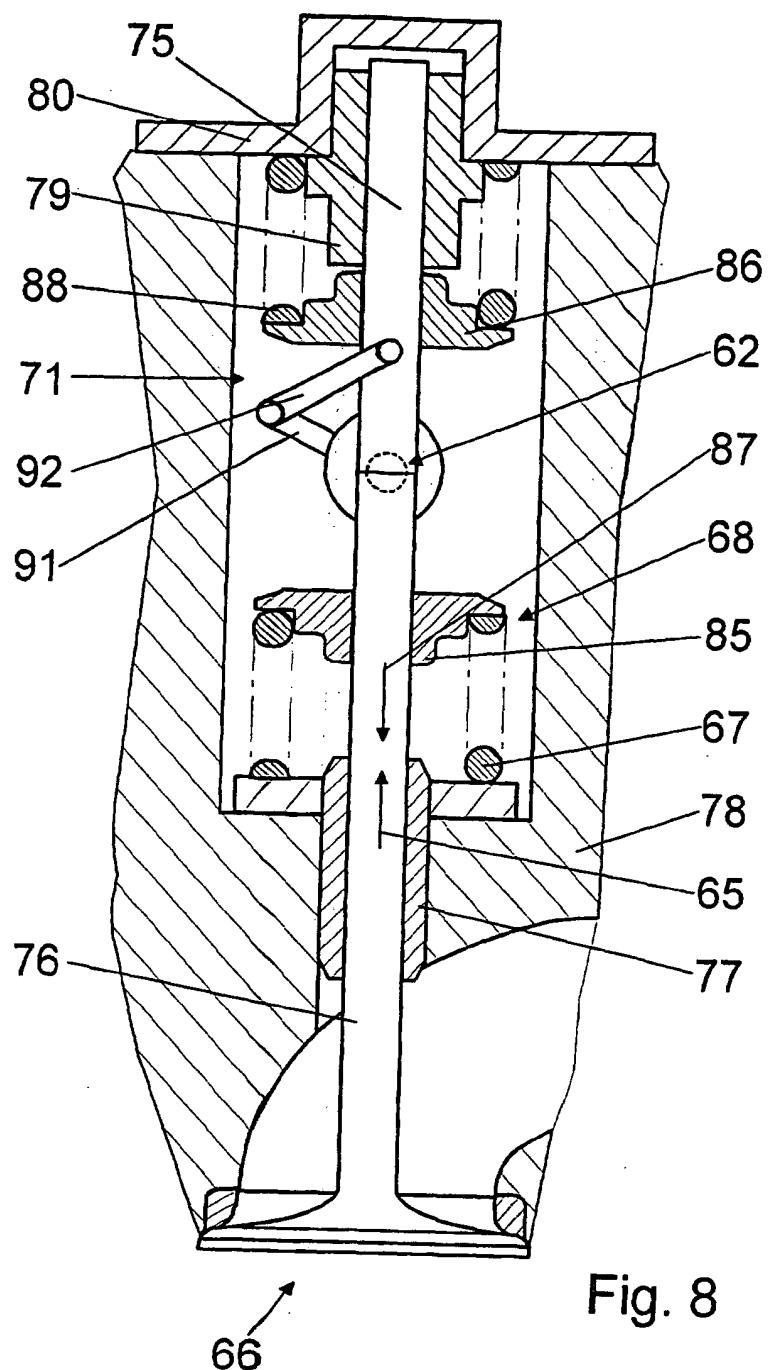


Fig. 8

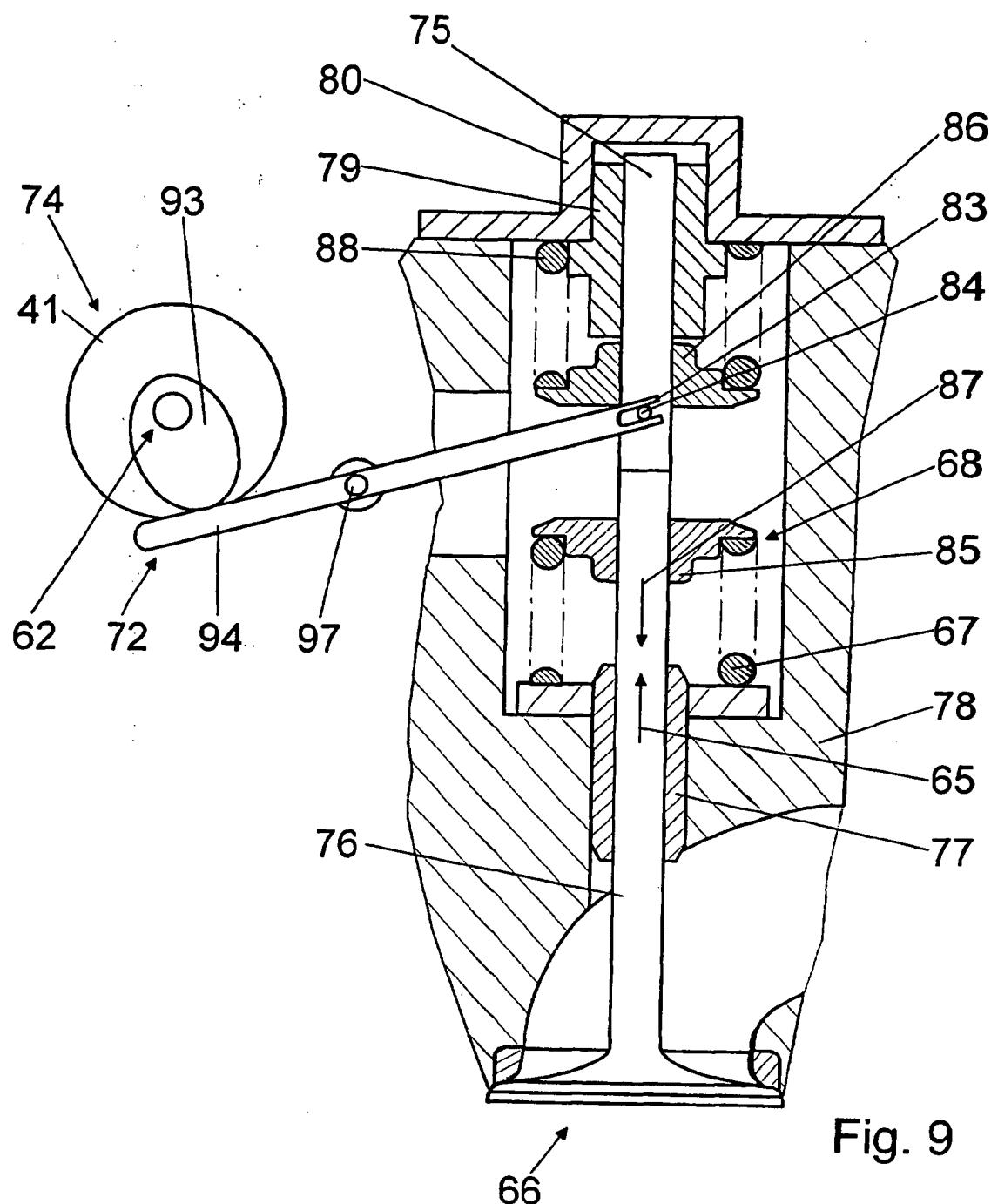


Fig. 9

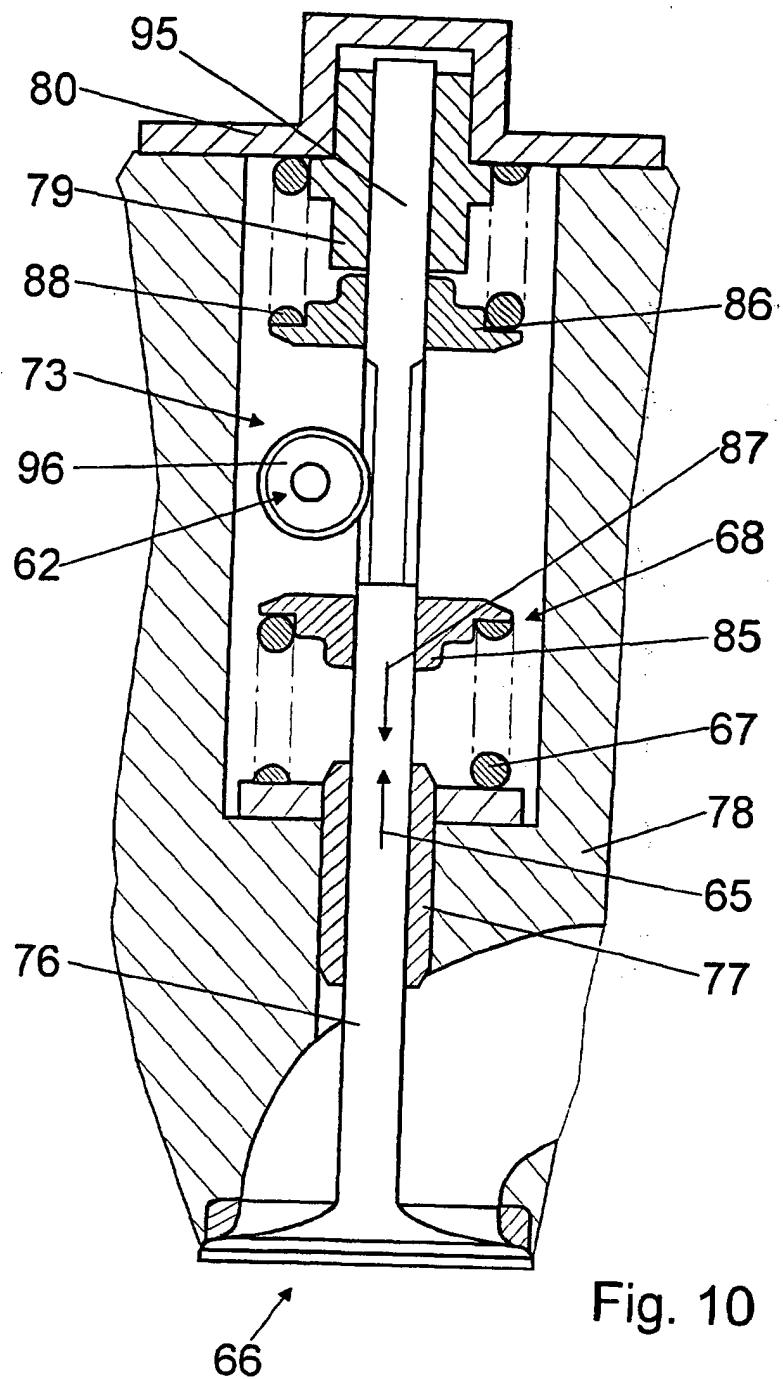


Fig. 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)